

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Medicina Dentária



**APARELHOS FUNCIONAIS: INFLUÊNCIA NO  
CRESCIMENTO MANDIBULAR EM PACIENTES  
CLASSE II, DIVISÃO 1**

**Ricardo João Guerra Pereira Coutinho**

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2013



Universidade de Lisboa  
Faculdade de Medicina Dentária



**APARELHOS FUNCIONAIS: INFLUÊNCIA NO  
CRESCIMENTO MANDIBULAR EM PACIENTES  
CLASSE II, DIVISÃO 1**

**Ricardo João Guerra Pereira Coutinho**

Dissertação orientada pela

**Dra. Joana Godinho**

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2013



## **DEDICATÓRIA**

**À minha Mãe e ao meu Pai. À minha namorada, Ana Gonçalves. Ao meu irmão  
Gonçalo Coutinho.**



## **AGRADECIMENTOS**

O meu agradecimento especial à Dr. Joana Godinho pela disponibilidade para orientar a minha dissertação de mestrado e para rever o meu trabalho à medida que ia sendo elaborado, assim como pelas sugestões que foi dando para o melhorar.

À FMDUL (Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa), pela formação assente na exigência científica e valores profissionais que me providenciou e que fazem de mim o “quase” Médico Dentista que sou hoje.

Aos meus amigos e colegas do curso de Medicina Dentária, Prótese Dentária e Higiene Oral que me foram dando o estímulo e apoio para ir avançando na minha vida académica, que culmina, por ora, com esta dissertação.

À minha mãe, Aurélia Almeida e ao meu pai, Paulo Coutinho, assim como ao meu “segundo” pai, Luciano de Almeida, pelo suporte e exemplo que me deram para conseguir acabar este mestrado integrado.

À minha Tia, Ana Coutinho pelas longas conversas de apoio, nos momentos mais desmoralizantes.

Finalmente, à minha namorada e ao meu irmão pela presença nos bons e maus momentos do meu percurso, sempre com as palavras e o apoio necessário para seguir em frente.

*Ricardo João Guerra Pereira Coutinho*





*“Escolhe um trabalho de que gostes,  
e não terás que trabalhar nem um dia na tua vida.”*

Confúcio



# Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Introdução .....	1
1.2. Justificação da investigação .....	1
1.3. Objectivos da investigação .....	3
1.4. Estrutura da dissertação .....	3
2. Maloclusão de Classe II de Angle.....	4
2.1. Perspectiva histórica .....	4
2.2. Classe II e suas divisões.....	5
2.3. Classe II na dentição decídua.....	6
3. Crescimento Mandibular .....	8
3.1. Conceitos gerais do crescimento mandibular .....	8
3.2. O côndilo mandibular .....	9
3.3. Então como cresce a mandíbula? .....	10
3.4. O que são as matrizes funcionais? .....	10
3.5. Crescimento do ramo .....	11
3.6. Crescimento do corpo .....	12
3.7. Rotação mandibular .....	12
3.8. Velocidade de crescimento .....	13
3.9. Cronologia do crescimento .....	14
4. Aparelhos funcionais.....	15
4.1. História dos aparelhos funcionais .....	15
4.2. Mecanismo de acção .....	16
4.3. Activator .....	18
4.4. Bionator .....	19
4.5. Fränkel II.....	19
4.6. Twin Block .....	20
4.7. Aparelho de Herbst .....	20

5. Revisão e discussão da evidência publicada .....	22
5.1. Considerações gerais.....	22
5.2. Ensaios clínicos randomizados .....	23
5.3. Ensaios clínicos controlados longitudinais prospectivos.....	25
5.4. Ensaios clínicos controlados longitudinais retrospectivos.....	26
6. Conclusão .....	30
ANEXOS .....	A
Imagem 1 .....	A
Imagem 2 .....	A
Imagem 3 .....	B
Imagem 4 .....	B
Imagem 5 .....	C

## RESUMO

**Objectivo:** Esta dissertação procurou analisar a capacidade dos aparelhos funcionais produzirem crescimento mandibular sagital suplementar em relação ao crescimento normalmente esperado, e se esse crescimento se mostra clinicamente significativo na correcção das discrepâncias que estão na base da Classe II, divisão 1.

**Estrutura:** Para atingir o objetivo proposto foram revistas as controvérsias e ideias vigentes sobre o tema, analisadas as características chave da Classe II de Angle e revistas as teorias clássicas e recentes que explicam o crescimento mandibular. Foi apresentada a perspectiva histórica da evolução dos aparelhos funcionais ao longo dos tempos, focando cinco desses aparelhos - Activador, Fränkel II, Bionator, Twin Block e Herbst - e discutida a evidência científica publicada sob a forma de ensaios clínicos randomizados (ECRs) ou controlados (ECCs), prospetivos ou retrospectivos. Foram analisadas várias características dos estudos, incluindo a população estudada, resultados obtidos e conclusões.

**Discussão:** Após análise de todos os pontos tratados e integração com os resultados obtidos na literatura publicada, foi patente a falta de uniformização dos métodos e medidas utilizadas e a necessidade de melhorar a avaliação do potencial e padrão de crescimento pré-tratamento. Poucos ECR foram publicados, sendo a maioria da literatura constituída por ECCs, cujo nível de evidência é inferior.

**Conclusões:** Tendo em conta as limitações já discutidas, foram mais os estudos a suportar a tese de que os aparelhos funcionais potenciam o crescimento mandibular, especialmente quando aproveitado o pico de crescimento. Não deverá no entanto ser ignorado o “efeito *rebound*”, que representa uma diminuição dos incrementos sagitais após o tratamento. A estabilidade a longo prazo ficou associada a uma terapia funcional durante o pico de crescimento, seguido de um período de aparelho fixo para acerto da oclusão.

**Palavras Chave:** aparelhos funcionais; classe II de Angle; crescimento Mandibular

## **ABSTRACT**

**Objective:** This research sought to analyze the functional appliances ability to enhance mandibular sagittal growth in comparison to normally expected growth, and whether this growth appear to be clinically significant in the correction of Class II division 1 malocclusions.

**Structure:** To achieve our goal, controversies and current ideas on the topic were revised; the key features of Class II malocclusion analyzed as well as classic and recent theories explaining mandibular growth were reviewed. A historical perspective of the evolution of functional appliances over time was presented, focusing on five functional appliances - Activator, Fränkel II, Bionator, Twin Block and Herbst appliance - and the scientific evidence published in the form of randomized clinical trials (RCT's) or prospective and retrospective controlled clinical trials (CCT's) were discussed. Several characteristics of the studies, including the study population, results and conclusions were examined.

**Discussion:** After analysis of all the covered points and integration with the results published in the literature, lack of standardization of methods and measures was patent as the need to better assess the growth potential and growth pattern before starting the treatment. Few RCT's have been published; most of the literature consists of CCT's, whose level of evidence is lower.

**Conclusions:** Given the limitations previously discussed, the thesis that functional appliances enhance mandibular growth was supported by the majority of the articles, especially when the treatment took place in the growth spurt. However the "rebound effect" should not be ignored since it represents a decrease of sagittal increments after the treatment. The long-term stability was associated with treatment during the growth spurt and followed by a period occlusion adjustment.

**Keywords:** functional appliances; Angle's class II; mandibular growth

# **1. Introdução**

## **1.1. Introdução**

Devido à grande necessidade da Medicina Dentária procurar respostas nos tratamentos baseados na evidência, temos vindo a assistir a um grande número de estudos que procuram responder, desta forma a uma diversidade de questões, entre as quais podemos encontrar os efeitos dos aparelhos funcionais.

A presente dissertação procurou efectuar uma análise suportada nos princípios básicos do crescimento mandibular e das características dos pacientes com Classe II de Angle, analisando os diferentes mecanismos de acção dos aparelhos funcionais mais comumente usados na prática clínica ortodôntica e integrando esta análise com os resultados que foram sendo publicados na literatura.

## **1.2. Justificação da investigação**

Um dos tópicos mais controversos em ortodontia está relacionado com a eficácia dos aparelhos funcionais no favorecimento do crescimento mandibular (Marsico et al., 2011).

A maloclusão de Classe II é um dos problemas mais comuns em ortodontia. McNamara, em 1981, num estudo que teve por base a população norte-americana, concluiu que a Classe II afecta aproximadamente um terço da população. Concluiu ainda que apenas uma pequena percentagem dos casos apresentava protrusão maxilar significativa para a Classe II, tendo sido o achado mais comum nos 277 indivíduos em estudo a retrusão mandibular. Assim, apontou como regime terapêutico ideal aquele que procurasse alterar a quantidade e direcção do crescimento mandibular.

O tratamento primário para esse tipo de situação é a terapia com recurso a aparelhos funcionais (Chen, Will, & Niederman, 2002).

No conceito de aparelho funcional, está incluída uma variedade de dispositivos fixos ou removíveis desenhados para alterar a posição da mandíbula com o objectivo de tentar favorecer o seu alongamento pela estimulação do crescimento ao nível da cartilagem do côndilo (Carels & Van der Linden, 1987; Moss & Salentijn, 1969).

Apesar de experiências passadas, efectuadas em modelos animais terem demonstrado que dispositivos de reposicionamento anterior da mandíbula estimulam

significativamente o alongamento mandibular através da remodelação ao nível do côndilo (Charlier, Petrovic, & Herrmann-Stutzmann, 1969; J. A. McNamara & Bryan, 1987; Woodside, Altuna, Hanrold, Herbert, & Mstaxas, 1983) não tem sido possível reproduzir os mesmos resultados em humanos (Cozza, Baccetti, Franchi, De Toffol, & McNamara, 2006). A evidência tem vindo a demonstrar que nestes, o tratamento com aparelhos funcionais, nem sempre atinge resultados favoráveis (Marsico et al., 2011).

Enquanto alguns autores reportam aumento no comprimento mandibular (Almeida, Henriques, Almeida, & Ursi, 2002; Almeida, Henriques, & Ursi, 2002; J. A. McNamara & Bryan, 1987; Perillo, Johnston, & Ferro, 1996; Toth & McNamara, 1999), e também aumento do crescimento ao nível do côndilo (Baltromejus, Ruf, & Pancherz, 2002; Croft, Buschang, English, & Meyer, 1999; H Pancherz, Ruf, & Kohlhas, 1998; Ruf, Baltromejus, & Pancherz, 2001), outros defendem que a alteração do comprimento mandibular não pode ser atingida por este tipo de tratamento (Creekmore & Radney, 1983; Gianelly, Brosnan, Martignoni, & Bernstein, 1983; Vargervik & Harvold, 1985)

Há também autores que defendem que a correcção da maloclusão conseguida pelo recurso a aparelhos funcionais é feita à custa de efeitos dento-alveolares acompanhados de pequenos mas estatisticamente significativos efeitos esqueléticos (Janson et al., 2003; Robertson, 1983).

Segundo Tulloch e colaboradores (1990), estas afirmações contraditórias podem ser atribuídas a variadas situações, entre as quais se encontram as limitações dos estudos retrospectivos a nível do desenho ou metodologia, ausência de grupo de controlo ou escolha inadequada do mesmo; não homogeneização dos grupos em relação ao seu sexo, idade e estadió do desenvolvimento no início do tratamento e diferentes durações do tratamento.

Além das razões já apontadas, Perillo et al. (1996), chamou a atenção para a falta de estudos a longo prazo sobre os efeitos dos aparelhos funcionais e a estabilidade das alterações esqueléticas. Apontando como causa provável para esta deficiência o facto de existir uma grande dificuldade em recrutar pacientes depois do tratamento.

Parece então pertinente uma revisão da literatura referente ao tema com os mais recentes desenvolvimentos.



### 1.3. Objectivos da investigação

Esta dissertação procurou analisar a capacidade dos aparelhos funcionais produzirem crescimento mandibular sagital suplementar em relação ao crescimento normalmente esperado, e se esse crescimento se mostra clinicamente significativo na correcção das discrepâncias que estão na base da Classe II, divisão 1.

### 1.4. Estrutura da dissertação

Para atingir o objectivo proposto no ponto anterior, estruturou-se o trabalho da seguinte forma:

No *primeiro capítulo* são expostas em linhas gerais as controvérsias e ideias vigentes no que concerne à influência dos aparelhos funcionais no crescimento mandibular, justificando a escolha do tema. Foi estabelecido o objectivo principal do estudo e apresentada de forma sucinta a estrutura da presente dissertação.

O *segundo capítulo* analisa as características da Classe II de Angle, passando pela sua definição, etiologia, divisões e características específicas. Foram ainda analisadas as características precoces deste tipo de maloclusão patentes na dentição decídua.

No *terceiro capítulo* são revistas as teorias clássicas e recentes que explicam o crescimento mandibular, discriminados os mecanismos subjacentes ao crescimento nas várias regiões da mandíbula e a sua cronologia e relação com o crescimento estatural.

No *quarto capítulo* é apresentada a perspectiva histórica da evolução dos aparelhos funcionais ao longo dos tempos, passando pelo mecanismo de acção geral e particular dos cinco aparelhos estudados (Activador, Fränkel II, Bionator, Twin Block e Herbst).

O *quinto capítulo* faz a discussão da evidência científica publicada na literatura sob a forma de ensaios clínico randomizados ou controlados, prospetivos ou retrospectivos. Com verificação das várias características dos estudos, população estudada e resultados obtidos.

Terminamos com o *capítulo seis* onde serão apresentadas as conclusões da revisão da literatura, as implicações clínicas, as limitações e linhas de investigação futuras.

## **2. Maloclusão de Classe II de Angle**

### **2.1. Perspectiva histórica**

O desenvolvimento da classificação de Edward Angle para a maloclusão nos anos 90 do séc. XIX foi um importante passo no início da ortodontia.

Angle não só subdividiu os principais tipos de maloclusão (Classe I, II e III), como providenciou a primeira definição clara de oclusão normal. Postulou que o primeiro molar superior era a chave para a oclusão e que a relação deste com o primeiro molar inferior deveria ocorrer de modo a que a cúspide mesio-vestibular do primeiro ocluisse no sulco vestibular do segundo.

Esta afirmação, que ao longo de mais de 100 anos de experiência, se provou estar correcta, tem apenas como excepção os casos de aberrações nos tamanhos dentários (Proffit, Fields Jr, & Sarver, 2007).

Numa relação molar de Classe II, o primeiro molar permanente inferior encontra-se mais distal em relação ao superior. Angle acreditava que isto seria resultado de uma mandíbula curta, subdesenvolvida ou numa posição mais retruída (Rothstein & Yoon-tarlie, 2000).

Numerosos investigadores têm pesquisado a Classe II na tentativa de identificar o principal factor responsável por esta alteração. Várias características têm sido atribuídas a este tipo de maloclusão, desde deficiência ao nível da mandíbula até protrusão da maxila sendo que, historicamente, os achados mais predominantes são os que corroboram a ideia de que a discrepância é causada por retrusão mandibular com apenas algumas excepções; apesar de um estudo recente não ter suportado esta ideia (Rothstein & Yoon-tarlie). Em 613 estudos cefalométricos (278 – oclusão normal; 355 – oclusão Classe II, divisão 1) a mandíbula e dentição dos indivíduos Classe II, divisão 1 foi considerada idêntica àqueles com oclusão normal. Sendo que a maior causa desta alteração era o posicionamento mais mesial do primeiro molar superior assim como uma maxila mais protruída.

O mesmo tinha já sido observado por Rosenblum (1995), num estudo baseado na observação de 103 indivíduos com um padrão esquelético Classe II em três diferentes níveis de maturação esquelética, concluindo que o padrão dominante era a protrusão maxilar com uma mandíbula normal.

Já Hans Pancherz, Zieber, & Hoyer (1997), num estudo cefalométrico de 503 indivíduos Classe II, obtiveram como achado mais comum a retrusão mandibular, corroborando os achados de James A. McNamara (1981), que numa população de 277 indivíduos entre os 8 e os 10 anos tinha chegado à mesma conclusão de que a retrusão mandibular era a característica única mais comumente encontrada nos indivíduos Classe II, sendo que apenas uma pequena percentagem dos casos exibía protrusão maxilar relativamente à base do crânio. Neste mesmo estudo, McNamara observou que em média a maxila encontrava-se numa posição neutra, sendo que quando não se encontrava nessa posição era mais comum a sua retrusão do que a sua protrusão.

É óbvia a inexistência de acordo quanto à importância relativa dos principais componentes da Classe II. Estas diferentes observações poderão no entanto dever-se a diferentes técnicas de medição das posições relativas da maxila e mandíbula com utilização ou não dos ângulos SNA, SNB e ANB.

No entanto, a maioria dos autores concorda que a retrusão mandibular, seja em tamanho absoluto ou posição relativa é um importante componente para o surgimento de malocclusão Classe II. A protrusão maxilar, assim como o desenvolvimento vertical excessivo da face, podem também ser factores importantes em determinados casos.

Assim, parece que tratamentos que possam alterar a quantidade e direcção do crescimento mandibular possam ser mais apropriados do que os que restringem o crescimento maxilar (James A. McNamara, 1981).

## **2.2. Classe II e suas divisões**

Num estudo de 1997, Pancherz e colaboradores procuraram avaliar as diferenças entre Classe II, divisão 1 (caracterizada por labioversão dos incisivos superiores e sobremordida horizontal aumentada – problema horizontal) e Classe II divisão 2 (caracterizada por linguoversão dos incisivos superiores e sobremordida vertical aumentado – problema vertical).

Nesse sentido, procederam a um estudo cefalométrico radiográfico de 347 indivíduos com Classe II, divisão 1 e 156 indivíduos Classe II, divisão 2, divididos em grupos entre 8-10 anos e 11-13 anos de idade, não tendo sido reveladas diferenças significativas ao nível dento-esquelético, com excepção da posição dos incisivos superiores.

Porém, esta diferença é de elevada importância para o tratamento desta discrepância. Considerando que o tratamento com aparelhos funcionais requer que a mandíbula seja mantida numa posição protruída para que o tratamento surta efeito, a capacidade do paciente protruir a mandíbula pelo menos 4 a 6 mm (i.e. até uma posição mandibular razoavelmente normal) é crítica.

Na maioria dos casos (Classe II, divisão 1) estas crianças apresentam uma sobremordida horizontal aumentada e podem iniciar o tratamento imediatamente. Mas em alguns casos, como é o caso da Classe II, divisão 2, devido à linguoversão dos incisivos superiores associada a aprofundamento da mordida, esta postura não pode ser tomada sem que antes se proceda ao seu reposicionamento para uma posição favorável. (Proffit et al., 2007)

### **2.3. Classe II na dentição decídua**

Em muitas crianças, uma oclusão Classe II é estabelecida precocemente.

Estudos longitudinais indicam que, quando uma oclusão Classe II é encontrada na dentição decídua, não será de esperar correcção espontânea (Arya, Savara, & Thomas, 1973; Bishara, Hoppens, Jakobsen, & Kohout, 1988; Silver, 1944).

Uma vez estabelecida, a Classe II parece transferir-se da dentição decídua para a permanente. Assim, o conhecimento das fases precoces do crescimento craniofacial e desenvolvimento da oclusão é importante, para se perceber a dinâmica que leva ao desenvolvimento de uma maloclusão de Classe II.

Varrela, em 1998, num estudo que teve por base dois grupos de crianças entre os 3 e 7 anos de idade, um com oclusão normal e outro com Classe II em desenvolvimento notou que, no grupo de crianças Classe II, apenas pequenas sinais esqueléticos podiam ser detectados quando os traços da maloclusão estavam já presentes na dentição decídua.

Sugeriu então que, as discrepâncias esqueléticas que habitualmente associamos à Classe II, seriam adaptações secundárias à maloclusão precoce. Não excluiu, no entanto, a importância do desenvolvimento esquelético para o desenvolvimento de Classes II, indicando outras alterações como contribuintes para o aparecimento desta (arco maxilar estreito, posição distal dento-alveolar na mandíbula).

Baccetti, Franchi, McNamara, & Tollaro, em 1997, observaram também, na dentição decídua, um padrão oclusal e esquelético distinto para Classe II.

Além do diagnóstico das relações dentárias sagitais (degrau distal, relação canina Classe II e sobremordida vertical excessiva), discrepâncias transversais interarcadas devidas a um arco maxilar mais estreito, são também um factor constante nos casos de malocclusão Classe II precoce. Os achados esqueléticos incluíram tipicamente retrusão mandibular significativa e comprimento mandibular total encurtado. Na transição da dentição decídua para a permanente estes achados tendiam a manter-se ou até a piorar.

Durante este período, a alteração mais distinta observada ao nível do crescimento, consistiu em incrementos significativamente mais pequenos no comprimento total e do corpo da mandíbula, e incrementos significativamente maiores na protrusão maxilar.

Uma inclinação mais pósterio-inferior do côndilo relativamente à mandíbula, que leva a pequenos decréscimos no ângulo goníaco foi também evidente.

Os achados no desenvolvimento esquelético e da oclusão na dentição decídua parecem assim ter importância clínica.

No caso da inexistência de um padrão de crescimento esquelético Classe II, Varrela (1998) defendeu que o tratamento precoce pode ser considerado. Uma vez a relação oclusal estabelecida, irá funcionar como uma chave que guiará o restante desenvolvimento esquelético. Destravando esta situação (i.e. normalizando a relação oclusal), poderá ser possível a prevenção do desenvolvimento de adaptações secundárias que seriam mais tarde difíceis ou impossíveis de tratar.

### **3. Crescimento Mandibular**

#### **3.1. Conceitos gerais do crescimento mandibular**

A base teórica do tratamento com aparelhos funcionais é o princípio de que um novo padrão funcional, ditado pelo aparelho, levará ao desenvolvimento de um novo padrão morfológico. A alteração deste padrão morfológico poderá referir-se a diferentes componentes funcionais do sistema orofacial, como a língua, os lábios, os músculos faciais e mastigadores, os ligamentos e o periósteo. Dependendo do tipo de aparelho, diferentes componentes funcionais serão estimulados (Carels & Van der Linden, 1987).

Para percebermos como intervir durante o crescimento mandibular, interessa compreender o seu mecanismo de crescimento.

Na mandíbula encontramos dois tipos de crescimento distintos: ossificação intramembranosa e ossificação endocondral.

A ossificação intramembranosa, no caso da mandíbula, é resultado da actividade do periósteo e endósteo nos mecanismos de reabsorção e aposição óssea. Já a ossificação do tipo endocondral é responsabilidade da cartilagem do côndilo mandibular.

A maior parte do osso formado durante o crescimento mandibular surge de mecanismos intramembranosos, sendo que apenas a porção do côndilo mandibular e uma pequena parte do ramo montante da mandíbula são gerados por crescimento do tipo endocondral.

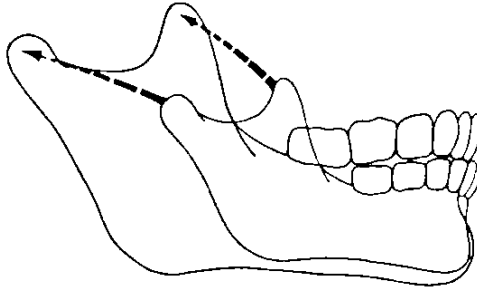
Podemos dividir ainda as formas de crescimento da mandíbula em duas vertentes: por deslocamento ou por remodelação.

O deslocamento deve-se ao crescimento dos côndilos para cima e para trás, associado ao um movimento mandibular em sentido contrário, ou seja, ântero-inferior (deslocamento primário) ou aquele que resulta do crescimento de estruturas adjacentes, como é o caso do crescimento da cavidade glenóide e tecidos moles (deslocamento secundário). (Ver Figura 1)

A remodelação, resultado da aposição e reabsorção óssea, actua em sentido contrário ao deslocamento. Na mandíbula, o deslocamento no sentido anterior, está associado a reabsorção nas zonas anteriores do osso.

Assim, quando no periósteo está a ocorrer aposição óssea, no endósteo estará a ocorrer reabsorção, havendo migração cortical sem significativas alterações de espessura. (Proffit et al., 2007)

**Figura 1**



Adaptado de Proffit et al., 2007

### **3.2. O côndilo mandibular**

Antigamente pensava-se na mandíbula como sendo o equivalente a um osso longo dobrado em forma de ferradura, em que os côndilos seriam o correspondente às placas epifisárias dos ossos longos.

Actualmente, sabe-se que existem muitas diferenças entre a cartilagem do côndilo e uma placa epifisária. Esta última, corresponde a uma cartilagem primária, sendo um tecido altamente diferenciado e organizado, diferente do que encontramos no côndilo. O côndilo é apenas um local de crescimento.

Enquanto que um local de crescimento é meramente um local em que ocorre crescimento, o centro de crescimento é uma localização em que o crescimento é controlado geneticamente, ocorrendo de forma independente. Assim, todos os centros de crescimento são locais de crescimento sendo que o inverso não é verdade.

Não sendo uma cartilagem primária, a cartilagem do côndilo irá depender de determinados estímulos para crescer, ou seja, não possui crescimento intrínseco ao contrário de uma placa epifisária em que este existe e é controlado geneticamente.

A cartilagem do côndilo não está associada à cartilagem de suporte do primeiro arco branquial, sendo do ponto de vista embriológico e fisiológico um tecido completamente diferente da cartilagem primária que aparece mais tarde. (Proffit et al., 2007)

### **3.3. Então como cresce a mandíbula?**

Após a exclusão da teoria de Sicher (1947), que postulava que o controlo do crescimento era intrínseco ao côndilo e de origem genética e da teoria de Scott (1958), também conhecida como Teoria do Septo Nasal, que postulava que os ossos da face cresciam devido essencialmente à dominância do tecido cartilagíneo, e que não pode ser aplicada directamente à mandíbula, surge nos anos 60 a teoria de Moss ou Teoria da Matriz funcional que viria a ser revista nos anos 90 (Moss & Salentijn, 1969; Moss, 1997a, 1997b, 1997c, 1997d).

O pensamento contemporâneo diz-nos que a verdade será encontrada numa síntese da teoria de Scott e da teoria de Moss, enquanto a teoria de Sicher, que foi dominante até aos anos 60, foi já largamente desacreditada (Proffit et al., 2007).

### **3.4. O que são as matrizes funcionais?**

Moss, em 1969, definiu dois tipos distintos de matrizes funcionais. A primeira corresponde à matriz periosteal. Músculos, glândulas, feixes neurovasculares e os dentes são excelentes exemplos. Estas matrizes actuam directamente sobre unidades micro-esqueléticas que lhes estão individualmente relacionadas, por expressão morfológica das suas necessidades operacionais.

Criam assim um processo activo de aposição e reabsorção, alterando a forma e tamanho dessas mesmas unidades micro-esqueléticas.

Todas estas unidades micro-esqueléticas são inteiramente dependentes das necessidades operacionais primárias das suas matrizes funcionais periosteas, tendo já sido estabelecido que não existe determinação genética directa na sua forma e posição.

Todas as unidades micro-esqueléticas, em conjunto com as suas matrizes funcionais periosteas existem no seio de uma série de cápsulas orofaciais (oral, nasal, faríngea), que rodeiam e protegem os espaços das cavidades oral, nasal e faríngea, respectivamente.

Assim sendo, o segundo tipo de matrizes funcionais definido por Moss foram as matrizes capsulares. As matrizes capsulares actuam indirectamente, tanto na totalidade das unidades micro-esqueléticas que envolvem (i.e. unidades macro-esqueléticas) como nas suas matrizes funcionais periosteas. Estas matrizes não actuam através de processos de aposição e reabsorção. À medida que o volume dos espaços funcionais vai



aumentando, a matriz capsular envolvente vai expandir, sendo as unidades macroesqueléticas passivamente translacionadas. Como as matrizes periosteas são também translacionadas neste processo, irão alterar as suas necessidades funcionais e sincronizadamente produzir os respectivos efeitos nas unidades micro-esqueléticas.

Na sua revisão da hipótese da matriz funcional, Moss (1997), explicou o papel relativo do controlo genético e do controlo epigenético (ambiental) nos mecanismos que causam e controlam o crescimento craniofacial, concluindo que ambos seriam importantes e necessários. Nem os factores genéticos ou os factores epigenéticos isolados são suficientes, apenas quando conjugados providenciam as causas necessárias e suficientes para que ocorra crescimento e desenvolvimento.

Posteriormente, considerou os factores genéticos como intrínsecos e causa primária e o que definiu como factores epigenéticos, forneceriam causas extrínsecas ou secundárias. Assim, temos que as respostas das células e tecidos das unidades esqueléticas (osso e cartilagem), não são reguladas directamente por informação contida intrinsecamente no genoma celular do osso, sendo a informação extrínseca adicional, ou seja, epigenética, criada pelas matrizes funcionais.

Provavelmente, para a maioria dos indivíduos, a habilidade de responder a uma variedade de modificações ambientais sobrepõe-se consideravelmente. É também esperado que, se determinada pressão for exercida, alguns indivíduos responderão de forma diferente, ou num grau diferente, do que outros.

Actualmente acredita-se que o côndilo será então apenas um local de crescimento e não um centro de crescimento sendo a mandíbula arrastada para baixo e para a frente pelo crescimento das matrizes funcionais que levam o côndilo a crescer reactivamente. A aposição na zona posterior do côndilo e reabsorção na zona anterior resulta num crescimento do côndilo para cima e para trás (Proffit et al., 2007).

### **3.5. Crescimento do ramo**

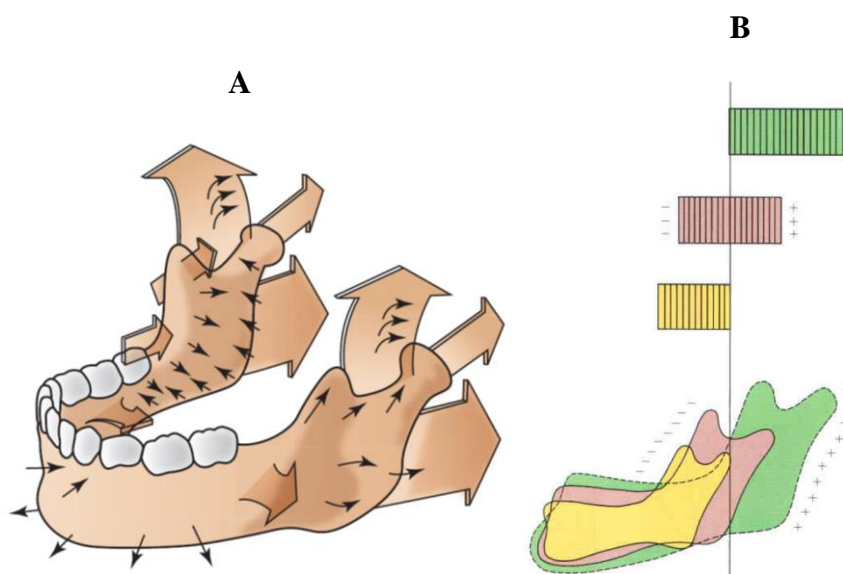
No caso do ramo montante da mandíbula é o bordo anterior que reabsorve de forma intensa enquanto ocorre aposição ao nível do bordo posterior.

O crescimento e alongamento do corpo da mandíbula devem-se em grande parte à reabsorção no ramo montante (Proffit et al., 2007). (Ver Figura 2B)

### 3.6. Crescimento do corpo

O alongamento no sentido anterior deve-se à reabsorção na zona posterior. Na parte anterior da mandíbula não há crescimento sendo esta, na realidade, uma zona de reabsorção com apenas uma pequena quantidade de aposição ao nível da zona mentoneana. O bordo inferior da mandíbula é uma zona de aposição, com excepção da zona posterior que vai sofrer reabsorção, contribuindo assim para a componente vertical do crescimento do corpo da mandíbula. (Ver Figura 2A)

**Figura 2**



Adaptada de Graber, Vanarsdall, & Vig, 2011 e Proffit et al., 2007

### 3.7. Rotação mandibular

Para além dos movimentos de translação, a mandíbula também sofre rotação durante o crescimento. Esta rotação pode ser anterior, actuando no sentido de fechar a mordida ou criar mordidas profundas ou rotação posterior, actuando na direcção inversa podendo levar a mordidas abertas, sendo que esta é menos comum (Björk, 1969).

No caso de classes II, a rotação anterior tende a ser benéfica enquanto que a rotação posterior tende a agravar a condição.

A significância clínica de uma medição do aumento do comprimento mandibular tem que ser considerada em termos de avanço da posição do mento. O aumento de comprimento associado a uma rotação posterior da mandíbula não é clinicamente significativo (Collett, 2000).

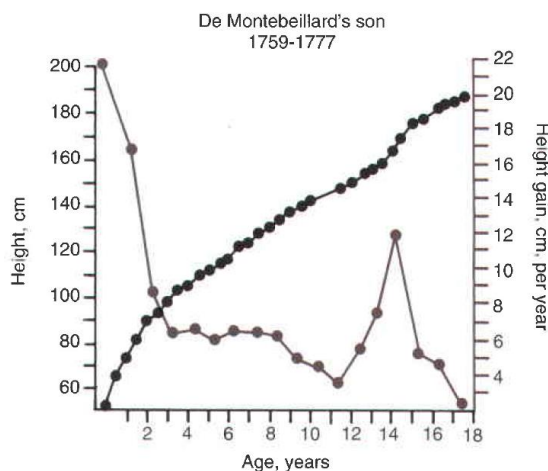
Por exemplo, nos estudos de (J. McNamara, Bookstein, & Shaughnessy, 1985; J. McNamara, Howe, & Dischinger, 1990), apesar de se apresentar um aumento do comprimento mandibular, no caso do aparelho Fränkel-II, não houve aumento da posição anterior do mento, quando comparado com o grupo de controle, embora esse efeito tenha sido demonstrado para o caso do aparelho de Herbst (J. McNamara et al., 1990).

### 3.8. Velocidade de crescimento

O crescimento da mandíbula é correlacionável com o crescimento estatural como podemos ver no (Gráfico 1).

- A curva mais escura corresponde à altura de uma criança desde o nascimento até a idade adulta (em cm)
- A linha mais clara corresponde à velocidade do crescimento (em cm/ano)

**Gráfico 1**



Retirado de Proffit et al., 2007

A velocidade máxima verifica-se por altura do nascimento (mais de 20 cm por ano), indo depois decrescendo até aos 4, 5 anos de idade em que se torna mais estável mas com uma tendência para decrescer até à puberdade. Na adolescência surge um pico do crescimento associado a uma aceleração e posterior desaceleração até atingir valores quase residuais. Thiesen, Vinicius, Martinelli, & Lima (2004), chegaram à conclusão que o pico de crescimento estatural, bem como o maior incremento médio anual da maioria das dimensões mandibulares avaliadas (Co-Gn, Ar-Go e Go-Gn), ocorreu, para

o género feminino, no período entre 9 e 12 anos de idade cronológica e para o género masculino, entre 12 e 14 anos de idade cronológica, parecendo enquadrar-se com o clássico estudo de Nanda (1955), que concluiu que o pico de crescimento pubertário nos rapazes ocorre um ou dois anos depois do que nas raparigas. A velocidade de incremento no comprimento da mandíbula (Ar-Gn e Co-Gn), demonstrou ainda a correlação mais consistente com a velocidade de crescimento em altura destes indivíduos, principalmente no género masculino.

Parece razoável supor que, quando existem problemas do foro esquelético, o tratamento deve ser começado antes do pico do crescimento, idealmente na zona de aceleração, caso contrário, já não haverá crescimento suficiente para fazer ortopedia do maxilar, passando o caso eventualmente a ser cirúrgico.

### **3.9. Cronologia do crescimento**

Sabe-se que existe um gradiente cefalo-caudal no crescimento. Pensando neste gradiente ao nível do complexo craniofacial, espera-se que a base do crânio, que corresponde à estrutura mais cefálica, pare de crescer primeiro, sendo seguida pela maxila e só por fim a mandíbula. Por este motivo será de esperar que muitas classes II tendem a melhorar com o desenvolvimento.

Buschang, Tanguay, Demirjian, LaPalme & Turkewicz (1988), concluíram que, indivíduos de crescimento predominantemente horizontal ou predominantemente vertical, tenderão a aumentar essa tendência com o tempo, tornando-se mais horizontais ou verticais, respectivamente.

Assim, indivíduos Classe II que tenham predomínio de crescimento vertical, tenderão a aumentar a discrepância ântero-posterior, enquanto os indivíduos de crescimento predominantemente horizontal providenciam a melhor oportunidade para um tratamento funcional bem-sucedido.

Será de esperar que crianças tratadas com aparelhos funcionais, durante os estádios de desenvolvimento do final de dentição mista ou inicial da dentição permanente tenham um aumento do crescimento vertical superior ao aumento do crescimento horizontal da mandíbula. Estudos que envolvam tratamentos nestes estádios poderão esperar pouco ou nenhum crescimento horizontal da mandíbula (Buschang et al., 1988).

## 4. Aparelhos funcionais

### 4.1. História dos aparelhos funcionais

Segundo Wahl (2006), foi Norman W. Kingsley, em 1879, o primeiro a usar um dispositivo de posicionamento anterior da mandíbula no tratamento ortodôntico. Este poderá ser considerado o protótipo dos actuais aparelhos funcionais, sendo constituído por um fio metálico labial contínuo associado a um plano de mordida que se estendia posteriormente e que assentava em ganchos nos molares.

Como Kingsley o descreveu, «*O objecto não tinha como função protruir os dentes inferiores, mas mudar ou fazer “saltar” a mordida em casos de um maxilar inferior excessivamente retruído.*»

Como resultado de estudos na barbatana da cauda de golfinhos, Wilhem Roux, em 1883, foi reconhecido com tendo sido o primeiro a estudar as influências de forças e estimulação funcional na forma dos ossos (Schmuth, 1983; Wahl, 2006). O seu trabalho tornou-se a base, tanto da ortopedia geral como do tratamento funcional ortopédico dos maxilares (Wahl, 2006).

Karl Häupl viu o potencial na hipótese de Roux e explicou posteriormente como os aparelhos funcionais operavam através da actividade dos músculos orofaciais.

Mas foi Viggo Andresen, a partir de 1908 quem realmente popularizou o uso do aparelho funcional, com o seu *Activator* (Schmuth, 1983). Segundo este autor, Andresen não estaria satisfeito com o tratamento ortodôntico da filha, que permanecia com problema de distoclusão, e assim, possivelmente inspirado no *bite jumping* de Kingsley, testou o seu activador na própria filha, que estava de partida para férias onde iria permanecer por três meses.

Este Activador, que consistia num aparelho Hawley modificado, provocaria um deslizamento anterior da mandíbula quando em oclusão, resolvendo a Classe II. Após o regresso da sua filha, Andresen ficou impressionado com os resultados obtidos, tendo não só conseguido a correcção da Classe II como uma melhoria no perfil, apenas com uso nocturno do aparelho.

Estes resultados levaram Andresen a melhorar o seu aparelho e tratar outros jovens com maloclusões Classe II, divisão 1. Com os seus tratamentos Andresen concluiu que havia um ganho ósseo e neuromuscular que dificilmente obteria com técnicas fixas.

Foi com base nas ideias de Andresen, que Petrik e Herren, em 1957 e Häupl, em 1959, aprimoraram o Activador, que Balters, em 1964, propôs o Bionator, que Fänkel em 1969, apresentou uma variação mais complexa, actualmente conhecida como Fänkel-II (FR2), que Bimler, em 1964 desenvolveu o seu dispositivo e que o escocês Clark, em 1988, apresentou o mais recente Twin Block (Clark, 1988; Fränkel, 1969; Schmuth, 1983).

Além destes aparelhos funcionais removíveis é de notar também o aparelho de Herbst, introduzido em 1905 por Emil Herbst, não tendo, sido no entanto, documentado antes de 1935 (Schmuth, 1983). Este aparelho pode tomar uma forma fixa, e assim ser independente da cooperação do paciente, sendo utilizado 24 horas por dia; ou uma forma removível associada a *splints* acrílicos (Franchi, Baccetti, & McNamara, 1999).

#### **4.2. Mecanismo de acção**

Como já foi referido no capítulo referente às Classes II, o tipo de maloclusão que é passível de ser corrigido por este tipo de aparelhos funcionais é a Classe II, divisão 1.

Existem outros tipos de aparelhos funcionais que tratam alterações transversais maxilares e mandibulares, Classes III e até Classes II, divisão 2 (Bastos & Mucha, 2002), mas é na correcção de discrepâncias sagitais ântero-posteriores que mais se notabilizam.

Os fundamentos teóricos que regem o tratamento com aparelhos funcionais estão assentes na teoria de Moss sobre as matrizes funcionais (Moss & Salentijn, 1969; Moss, 1997a). Se um novo padrão funcional for ditado pelos aparelhos, poderá ser atingido um novo padrão morfológico. Este novo padrão determinará também, uma nova reorganização das posições dentárias e melhorias da oclusão assim como um melhor relacionamento interarcadas.

Segundo as teorias funcionais, dispositivos removíveis, quando utilizados durante determinado período de tempo, provocam uma alteração na actividade dos músculos da face, através de desorganização dos padrões neuromusculares, levando a uma reorganização a partir da posição guiada pelo aparelho (Carels & Van der Linden, 1987; Fränkel, 1969; J. McNamara et al., 1985, 1990; Mills & McCulloch, 2000), sendo que, esta alteração, não só alteraria a posição da mandíbula como criaria alterações

estruturais na própria estrutura do osso, no côndilo e nos ossos adjacentes (Tiziano Baccetti, Franchi, & Toth, 2000; Harvold & Vargervik, 1971; Mills & McCulloch, 2000).

Apesar do significativo avanço das estruturas mandibulares durante o tratamento com aparelhos funcionais, existe ainda uma grande discordância sobre o seu real efeito no crescimento mandibular.

Segundo Carels & Van der Linden (1987), a maioria dos relatos clínicos na literatura concordam que as alterações dento-alveolares são as maiores responsáveis pelas adaptações que ocorrem na correção da Classe II, divisão 1 pela utilização de aparelhos funcionais.

O impedimento da migração mesial dos dentes maxilares e indução da mesialização dos dentes mandibulares, impedimento do crescimento maxilar no sentido vertical e alteração do posicionamento e intrusão dos incisivos superiores e inferiores são as principais adaptações dento-alveolares neste tipo de tratamento (Carels & Van der Linden, 1987; Harvold & Vargervik, 1971; J. McNamara et al., 1985).

Autores como (Charlier et al., 1969; J. A. McNamara & Bryan, 1987) observaram em experiências animais que a projecção mandibular era capaz de alterar o padrão postural do músculo pterigóideo lateral, e que este novo padrão funcional do músculo seria capaz de induzir um incremento de crescimento ao nível dos côndilos mandibulares.

Mas muitas pesquisas como as de McNamara negligenciam a existência de mais de 20 outros músculos que também se inserem na mandíbula e que poderão influenciar os resultados (Carels & Van der Linden, 1987).

As evidências experimentais parecem confirmar os conceitos teóricos mas ainda muito poucas experiências clínicas conseguiram obter os mesmos resultados.

O que podemos afirmar certamente é que todos os aparelhos funcionais conseguem posicionar a mandíbula anteriormente como resultado do tratamento. Presumivelmente, esta alteração na actividade postural dos músculos carnofaciais poderá levar a modificações estruturais tanto esqueléticas como dentárias dependendo do indivíduo. (Graber et al., 2011)

### 4.3. Activator

Um dos primeiros aparelhos funcionais utilizados em grande escala foi o Activador. Recebeu este nome pois teria a capacidade de “activar” a musculatura da face, dos lábios, da língua e da mastigação.

Este aparelho assenta na resolução de problemas sagitais através da activação de determinados músculos, mais especificamente, os músculos responsáveis pela protrusão e elevação da mandíbula, com concomitante relaxamento e estiramento dos músculos retrusivos. (*Imagem 1, Anexos pág. A*)

Na utilização deste aparelho é estabelecida uma nova posição em que os molares passam a estar em Classe I. O aparelho força ainda os lábios para a frente e impede a inclinação labial dos incisivos superiores. Permite também que a língua assuma uma posição mais fisiológica.

O que se esperaria era que este novo equilíbrio levasse os dentes a encontrar suas posições de maneira natural, corrigindo a Classe II. (Carels & Van der Linden, 1987; Graber et al., 2011; Harvold & Vargervik, 1971)

Na literatura existe alguma divergência sobre o número de horas que este aparelho deve permanecer em boca (Carels & Van der Linden, 1987). Enquanto alguns autores preconizam o uso deste aparelho durante a noite por acreditarem na hipótese de que os incrementos de crescimento acontecem mais durante este período, outros acreditam que os músculos não desempenhariam grandes funções durante a noite, sendo impossível corrigir a maloclusão com utilização exclusivamente nocturna (Carels & Van der Linden, 1987; Graber et al., 2011).

Harvold & Vargervik (1971) concluíram, no seu estudo que o Activador não tem uma grande capacidade de promover o crescimento mandibular, assentando antes a sua correcção num aumento vertical significativo do processo alveolar da mandíbula (1,6mm no grupo em estudo contra 0,4mm no grupo de controlo), principalmente na região molar, e numa redução do crescimento maxilar no sentido sagital. A redução da sobremordida horizontal ocorre devido à contenção do crescimento maxilar juntamente com a inclinação para lingual dos incisivos inferiores.

Estas conclusões parecem indicar que, pacientes com desenvolvimento predominantemente vertical deveriam ser tratados de forma diferente.



#### 4.4. Bionator

O Bionator, desenvolvido por Balters em 1964, é actualmente o aparelho funcional mais utilizado (Bastos & Mucha, 2002), esse facto pode ficar a dever-se ao ser o menos volumoso e por isso mais confortável de usar.

O Bionator de Balters utiliza uma mola do tipo “Coffin” no palato, substituindo assim a base em acrílico. O fio vestibular não visa movimentar dentes, mas sim monitorar a posição dos lábios em relação aos dentes. Para permitir a erupção dos dentes permanentes, o acrílico vai sendo desgastado de forma a guiar a erupção. (*Imagem 2, Anexos pág. A*)

O aparelho é confeccionado de maneira tal a estabelecer um contacto de topo-a-topo de incisivos.

#### 4.5. Fränkel II

Uma modificação ao Activador é o aparelho de Fränkel (1969), desenvolvido por Rolf Fränkel. O funcionamento deste tipo de aparelho difere dos demais aparelhos funcionais, uma vez que utiliza fios apoiados estrategicamente sobre a parte lingual do processo alveolar inferior em anterior, que guiam a mandíbula anteriormente sem recurso ao processo de “*bite jumping*”. (*Imagem 3, Anexos pág. B*)

Contando apenas com um apoio para evitar a extrusão de molares superiores, o aparelho também não apresenta qualquer mola de activação directamente sobre dentes, sendo qualquer movimento das unidades dentárias devido às reorganizações ao nível de processo alveolar.

O aparelho de Fränkel também requer um cuidado e precisão muito maior ao ser confeccionado, principalmente no que toca aos escudos vestibulares, que são a verdadeira inovação proposta pelo autor. Esses escudos têm como objectivo uma real interferência no padrão de pressão exercido pelos tecidos sobre os dentes.

Os escudos eliminam completamente as forças das bochechas sobre os dentes, estendendo-se até os limites superiores e inferiores dos vestíbulos, onde uma pressão é exercida com o objectivo de provocar uma verdadeira remodelação óssea. Escudos anteriores são também incorporados no aparelho para impedir aplicação de forças sobre os dentes ântero-inferiores.

#### 4.6. Twin Block

O Twin Block é um aparelho funcional relativamente recente, apresentado por Clark, em 1988, que utiliza planos inclinados na região de segundos pré-molares para corrigir os problemas sagitais de Classe II, divisão 1.

O mecanismo de acção do Twin Block reside em planos inclinados de 45°, construídos em resina acrílica tanto para a parte mandibular como para a parte maxilar do aparelho, fazendo com que a mandíbula deslize anteriormente em oclusão (Tiziano Baccetti et al., 2000; Clark, 1988). (*Imagem 4, Anexos pág. B*)

Ao Twin Block também podem ser introduzidos parafusos expansores para auxiliar nas correcções transversais.

#### 4.7. Aparelho de Herbst

Um aparelho que se tem provado satisfatório no tratamento de Classe II na dentição permanente é o aparelho de Herbst, um aparelho que pode ser fixo ou removível dependendo do sistema de ancoragem utilizado. O mecanismo original de “*bite jumping*” desenvolvido por Herbst e o desenho ancorado em bandas deste aparelho foi reintroduzido nos finais dos anos 70 por Pancherz.

Têm sido utilizados muitas variantes do aparelho de Herbst fixo sendo actualmente mais utilizada a versão que incorpora coroas de aço no primeiro molar superior e primeiro pré-molar inferior. (Graber et al., 2011)

Uma versão associada a um *splint* acrílico também tem sido utilizada com sucesso ao longo das últimas décadas (Graber et al., 2011). (*Imagem 5, Anexos pág. C*)

No entanto, a versão fixa ancorada em bandas tem algumas características que se têm vindo a provar úteis, nomeadamente o facto de não ter interferências na oclusão, ser fácil de colocar e igualmente fácil de remover (Graber et al., 2011).

Cerca de 50% dos efeitos do tratamento ficam a dever-se ao movimento dentário, sendo o efeito esquelético primário um aumento a curto prazo no crescimento mandibular (i.e., 2.0 a 2.5 mm a mais que grupos de controlo não tratados).

Não existem dúvidas quanto ao estabelecimento de relações molares Classe I, após a finalização de um tratamento com utilização de aparelho de Herbst, no entanto, a experiência tem mostrado que, quando utilizado em dentição mista, há uma tendência para uma maior recidiva e restabelecimento da maloclusão original. Tal facto poderá

dever-se à falta de acção directa sobre o padrão muscular dos pacientes ou à forma dos dentes decíduos, que não permitem uma intercuspidação tão estável como os dentes permanentes. Graber (2011) sugeriu, nesse sentido, que a utilização do aparelho de Herbst fosse adiado até à exfoliação dos dentes decíduos estar completa.

Apesar de existirem diversas modificações a estes aparelhos e mais aparelhos funcionais do que os descritos acima, estes são os mais referidos e estudados na literatura e será sobre estes que a análise posterior irá incidir.

## 5. Revisão e discussão da evidência publicada

### 5.1. Considerações gerais

Ensaio clínico randomizado (ECRs) têm sido recomendados como “*gold standard*” para a comparação de várias abordagens de tratamento. No entanto até à data muito poucos ECRs sobre resultados do tratamento ortopédico dos maxilares foram publicados (Cozza et al., 2006).

A dificuldade em recrutar pacientes com um desvio oclusal específico; a questão ética de deixar um grupo de pacientes sem tratamento, por vezes por longos períodos de tempo; assim como o facto de vários outros parâmetros necessários para uma revisão de qualidade (Antczak, Tang, & Chalmers, 1986; Jadad et al., 1996) – (ver Tabela 1), não poderem ser aplicados por razões óbvias a tratamentos ortodônticos (ex., pacientes «cegos» ou observador «cego» em relação ao tratamento) serão razões substanciais para que se denote este défice de ECRs em ortodontia (Cozza et al., 2006).

**Tabela 1**

**Protocolo de Qualidade**

Item Avaliado	Valor Potencial
Descrição da selecção	3
Número de pacientes vistos e desistências	3
Definição do regime terapêutico	3
Aparência dos Placebos/Controlos	1,5
Sabor dos Placebos/Controlos	1,5
Calendarização de <i>Follow-up</i>	3
Teste de adesão ao tratamento	3
Aleatorização cega	10
Paciente cego ao tratamento	8
Observador cego ao tratamento	8
Observador cego aos resultados	4
Testes de Aleatorização	3
Testes de "cegueira"	3
Regras de Interrupção	3
Estimativa prévia do tamanho da amostra	3
Medições de erro	3
<b>Valor Potencial Total</b>	<b>63</b>

Adaptado de Antczak, Tang, & Chalmers, 1986

Assim, parece racional que, para se obterem revisões sobre esta temática, se incluam também estudos longitudinais prospectivos e ensaios clínicos controlados (ECCs) retrospectivos, para que se possa alargar a informação científica sobre os efeitos do tratamento com aparelhos funcionais, como defenderam Petré, Bondemark, & Söderfeldt (2003).

Não deixa de ser importante no entanto, incluir apenas os estudos que comparam grupos com Classe II tratada, com grupos semelhantes de indivíduos Classe II não tratados, uma vez que tem vindo a ser demonstrado que o crescimento mandibular difere substancialmente entre pacientes Classe II e pacientes com oclusão normal (Buschang et al., 1988; Buschang, Tanguay, Turkewicz, Demirjian, & La Palme, 1986; Harris, 1962).

Assim sendo, a discussão de resultados que se segue, baseada nos artigos publicados e aos quais se teve acesso, até à data (Junho de 2013), será dividida na interpretação de resultados de: ensaios clínicos randomizados, ensaios clínicos controlados longitudinais prospectivos e ensaios clínicos controlados longitudinais retrospectivos.

O aumento do crescimento mandibular foi considerado clinicamente significativo quando foi ultrapassado o limite dos 2mm de diferença entre o grupo tratado e o grupo de controlo (Cozza et al., 2006).

## **5.2. Ensaios clínicos randomizados**

Como foi já referido nesta dissertação, os ensaios clínicos randomizados que estudam os efeitos de tratamentos ortodônticos são escassos e, no nosso entender, apresentam normalmente deficiências de desenho. Não deixam de ser no entanto, o nível máximo de evidência científica na literatura.

O primeiro ECR publicado sobre o tema em estudo remonta a 1967 (Jakobsson, 1967). Neste, Jakobson, com um grupo de 17 pacientes tratados com Ativador ao longo de 18 meses, não conseguiu estabelecer uma relação clinicamente significativa, entre a utilização do aparelho e o aumento no crescimento mandibular. O acréscimo de crescimento em relação aos 18 indivíduos do grupo de controlo, dado pela medida linear (Co-Gn), não ultrapassou, em média, os 0,7mm.

Para a ausência de resultados significantes a nível clínico podemos argumentar que não foi feita uma análise prévia do estadio de crescimento dos sujeitos e que a idade

média ao início do tratamento era de apenas 8,5 anos, podendo assim não ter aproveitado o surto de crescimento pubertal.

Só nos anos 90 voltaríamos a ver realizados ECRs sobre o tema. Primeiro (Nelson, Harkness, & Herbison, 1993), depois (Tulloch, Phillips, Koch, & Proffit, 1997) e finalmente (Keeling et al., 1998).

Os primeiros autores (Nelson et al., 1993) estudaram uma amostra de 36 crianças (18 tratadas com Activador, 18 tratadas com Aparelho de Fränkel II – FR-2) com uma média de idades de 11,7 anos no início do estudo e avaliação do estadió de desenvolvimento através de radiografias de mão e punho.

O tratamento durou em média 18 meses sendo o uso mínimo diário de 14 horas. A medição (Co-Gn) revelou, no final do tratamento, um acréscimo de 0,7mm e 1,3mm de crescimento suplementar em relação aos grupos de controlo, não sendo este valor clinicamente significativo.

Tulloch e colaboradores, em 1997 acabariam por chegar à mesma conclusão num estudo em que o aparelho funcional utilizado foi o Bionator, tendo conseguido no entanto um valor (Co-Gn) final médio ligeiramente superior – 1,6 mm de crescimento suplementar. Neste estudo, foram tratadas 53 crianças com idade média inicial de 9,4 anos e recurso a radiografia de mão e punho.

Apesar de se ter chegado à conclusão que este aparelho funcional tinha efectivamente efeitos mandibulares, não foi possível estabelecer uma relação inequívoca da sua acção no acréscimo de crescimento em relação ao grupo de controlo.

Já Keeling, em 1998 elaborou um ECR com utilização do Bionator, que viria a ser analisado por Wheeler, McGorray, Dolce, Taylor, & King (2002) para verificação dos efeitos produzidos por este aparelho no médio prazo. Este foi o primeiro ECR em que foi estabelecido um plano de *follow-up* e também o primeiro a afirmar uma relação clinicamente significativa entre o uso de Bionator e o aumento do crescimento mandibular.

De ressaltar no entanto, que no período decorrido entre o final do tratamento e o momento em que os pacientes voltaram a ser verificados para a prevalência dos efeitos da terapia funcional, ocorreu recidiva, que Wheeler atribuiu à recidiva nas posições dento-alveolares.

Por sua vez, O'Brien, Wright, Conboy, Sanjie, et al. (2003) apresentaram o primeiro ECR em que o aparelho avaliado era o Twin Block de Clark. O seu objectivo

seria avaliar os resultados do tratamento precoce. A população em estudo (89 crianças) tinha uma idade média ao início do tratamento de 9,7 anos tendo sido avaliado o estadió de desenvolvimento através do grau de maturação das vértebras cervicais. A utilização era feita em *full-time* com excepção apenas para as refeições e prática de desportos de contacto e natação, o tratamento durou em média 15 meses.

A medida linear (Co-Gn) final foi em média de mais 1,5mm em relação aos controlos, sendo estatisticamente significativa, à semelhança do estudo de (Tulloch et al., 1997), não sendo no entanto considerada como clinicamente relevante.

A análise de ensaios clínicos randomizados permitiu constatar que apesar de a utilização em idades precoces de aparelhos funcionais produzir um novo padrão esquelético e até, na maioria dos casos, conseguir corrigir maloclusões de Classe II, estas alterações se devem em grande parte a efeitos dento-alveolares, sendo os efeitos esqueléticos estatisticamente significativos, mas não clinicamente significantes.

No entanto, não deve deixar de ser considerado que o tratamento precoce traz vários benefícios à criança como prevenção de trauma, prevenção do desenvolvimento de disfunção e correcção estável da oclusão (Marsico et al., 2011) e ainda um aumento da auto-estima e estabilidade psicossocial num importante período da formação da criança (O'Brien, Wright, Conboy, Chadwick, et al., 2003).

### **5.3. Ensaios clínicos controlados longitudinais prospetivos**

A este nível de evidência científica os resultados obtidos vêm contradizer o que foi antes analisado. Todos os ECCs prospetivos analisados concluíram a existência de efeitos clinicamente significativos no favorecimento de crescimento suplementar da mandíbula quando estimulada por aparelhos funcionais.

Pancherz, em 1982 com o Aparelho de Herbst fixo; Illing e colaboradores em 1998, com o Bionator e Twin Block; Baccetti e McNamara, em 2010, num estudo que incluiu vários aparelhos funcionais (Herbst; Bionator; Twin Block e FR-2) assim como Silvestrini-Biavati et al., em 2012, com o FR-2, conseguiram resultados finais na distância *Côndilo-Gnation* entre os 2,2 e 3,7 mm. Ou seja, todas estas investigações conseguiram estabelecer uma relação positiva entre a utilização destes aparelhos funcionais e o aumento do crescimento mandibular quando comparado com o crescimento normal em grupos de controlo não tratados.

O aparelho de Herbst foi o que apresentou o menor aumento do crescimento mandibular, sendo no entanto o aparelho que permaneceu em uso menos tempo, cerca de 6 meses. Já o aparelho de Fränkel foi o que exibiu os melhores resultados sendo no entanto o que permaneceu mais tempo em boca, de 2 a 2,5 anos.

A escolha de pacientes com idades iniciais mais próximas do pico de crescimento, avaliado pela maturação das vértebras cervicais ou radiografias de mão e punho, assim como tratamentos assentes em utilização *full-time* dos aparelhos e durante mais tempo (caso do aparelho de Fränkel) poderão explicar a obtenção de melhores resultados em relação aos estudos analisados previamente.

#### **5.4. Ensaios clínicos controlados longitudinais retrospectivos**

De (J. McNamara et al., 1985) até (Franchi, Pavoni, Faltin, McNamara, & Cozza, 2013) muitos foram os ensaios clínicos retrospectivos que foram sendo publicados na literatura na sua maioria favoráveis à tese de que a terapia com aparelhos funcionais, desde que durante o surto de crescimento, tende a aumentar significativamente o comprimento mandibular.

McNamara et al., em 1985, num estudo que contou com 100 indivíduos tratados com o aparelho de Fränkel durante dois anos, em idades diferentes ( $n=51$ , idade  $\bar{x}$  inicial 8,8 anos;  $n=49$ , idade  $\bar{x}$  inicial 11,6 anos), concluiu que o aumento do crescimento mandibular associado ao uso deste tipo de aparelho foi potenciado pela sua utilização num período mais próximo ao pico de crescimento. Identificou no entanto um aumento clinicamente relevante em ambas as amostras 2,4mm e 3,6mm (Co-Gn), respectivamente.

O Activador, utilizado por (Basciftci, Uysal, Büyükerkmen, & Sari, 2003; Cozza, De Toffol, & Colagrossi, 2004; Franchi et al., 2013; Jakobsson & Paulin, 1990; Tümer & Gültan, 1999) apresentou o menor tempo médio de utilização diária, a rondar as 15 horas e uma duração média de tratamento de aproximadamente 1,5 anos.

Em todos os artigos, à excepção de um (Tümer & Gültan, 1999), houve uma potenciação do crescimento mandibular directamente associável à utilização do aparelho, variando os valores finais de (Co-Gn) entre 2,7mm e 5,2mm.

No caso do trabalho de Tümer, a utilização do aparelho por um curto período de tempo (10 meses) poderá ter estado na origem da falta de resultados a nível esquelético.



Franchi et al., 2013, comparou o tratamento precoce, antes do surto de crescimento, com o tratamento durante o surto de crescimento da puberdade e verificou os resultados destes tratamentos no longo prazo (idade  $\bar{x}$  no *follow-up* 18,6 anos), concluindo que o tratamento durante a puberdade consegue os melhores resultados no aumento do crescimento mandibular e correcção da discrepância sagital original e apresenta os resultados mais estáveis a longo-prazo – (Co-Gn) com melhoras 3 a 5 mm superior aos controlos.

Tanto Franchi, como Basciftci identificaram para além do aumento da mandíbula ao nível do comprimento do corpo, um aumento ao nível da altura do ramo.

O Aparelho de Fränkel (FR-2), utilizado por (Almeida, Henriques, & Ursi, 2002; Chadwick, Aird, Taylor, & Bearn, 2001; Freeman, McNamara, Baccetti, Franchi, & Fränkel, 2009; Janson et al., 2003; J. McNamara et al., 1985, 1990; Perillo et al., 2011, 1996; Toth & McNamara, 1999), foi o aparelho mais estudado nas últimas décadas tendo apresentado resultados muito variáveis.

(Chadwick et al., 2001; Janson et al., 2003; Perillo et al., 2011, 1996) não conseguiram afirmar que a utilização do aparelho pudesse estar directamente associada com um aumento do crescimento mandibular, concluindo que a maioria das alterações foram dento-alveolares. Registaram alterações de valores (Co-Gn), de menos de 1mm.

Já os restantes autores constataram aumentos correlacionáveis com o uso do mesmo aparelho variando entre os 2,3 e os 3,8mm de aumento da medição linear (Co-Gn) quando comparados com controlos.

Assentando este aparelho não numa aplicação directa de forças sobre a mandíbula, mas sim de uma remoção de forças dos tecidos moles circundantes, uma das hipóteses para explicar a grande variabilidade de resultados poderá ser a variabilidade genéticas individual de cada grupo de indivíduos tratados.

Ou seja, a remoção de forças terá levado a um novo equilíbrio que em alguns indivíduos, devido aos seus factores genéticos intrínsecos terá levado a um crescimento compensatório significativo, enquanto em outros casos, esses sinais primários não se manifestaram com a mesma intensidade.

O Bionator, utilizado nos estudos de (Almeida, Henriques, & Ursi, 2002; Faltin et al., 2003) foi o aparelho menos estudado na modalidade de ECC retrospectivo.

Enquanto que no caso de Almeida, 2002, o tratamento conseguiu apenas um acréscimo de 1,2 mm no comprimento da mandíbula, no caso de Faltin, 2003 o resultado atingido no grupo tratado durante o surto de crescimento foi de mais 4,3mm

de comprimento quando comparado com os controlos. A diferença entre resultados poderá ser explicada pela falta de análise do estadio de desenvolvimento por parte do primeiro estudo.

Faltin, em 2003, comparou o uso deste aparelho num tratamento precoce (idade  $\bar{x}$  9,7 anos) ou apanhando o pico de crescimento pubertal (idade  $\bar{x}$  10,8), chegando à conclusão que quando o pico de crescimento está incluído no tratamento os resultados são melhores no curto-prazo. Uma observação foi efectuada vários anos após o final do tratameto (idade  $\bar{x}$  17,4 anos e 19,1 anos, respectivamente), para avaliar a estabilidade dos resultados tendo sido concluído que os resultados do caso tratado durante a puberdade eram os mais estáveis.

O Twin Block estudado por (Tiziano Baccetti et al., 2000; Mills & McCulloch, 2000; Toth & McNamara, 1999; Tümer & Gültan, 1999) foi o aparelho que apresentou os melhores resultados finais no que concerne ao aumento do comprimento mandibular, à excepção do estudo de Tümer.

O valor do aumento (Co-Gn) mínimo foi de 2,2 mm, quando utilizado num tratamento precoce e o máximo de 6,7 mm quando utilizado durante o pico de crescimento.

O estudo de Mills, em 2000, que consistiu no tratamento precoce da Classe II, verificou a estabilidade do tratamento após o pico de crescimento (idade  $\bar{x}$  13,1 anos) concluindo que o crescimento normal dos indivíduos do grupo de controlo acabou por igualar o crescimento potenciado no grupo tratado precocemente.

Finalmente o aparelho de Herbst removível, usado por (Franchi et al., 1999; J. McNamara et al., 1990; Windmiller, 1993) foi o aparelho que revelou ser o mais eficiente na compensação da deficiência sagital na mandíbula com uma duração média de tratamento de aproximadamente 12 meses.

A potenciação do crescimento mandibular consistiu num aumento de incrementos ao nível do comprimento entre 2,2 mm e 3,5 mm em relação aos grupos de controlo.

Franchi et al., 1999, observou a estabilidade dos seu casos, *a posteriori*, verificando que o crescimento normal da mandibula após o tratamento acabou por ser mais reduzido quando comparado com o grupo não tratado, identificando assim o que chamou de “efeito *rebound*” do crescimento da mandíbula.

Resumindo, no que diz respeito aos ECC retrospectivos, os estudos levados a efeito, apresentam os mais variados resultados, sendo no entanto mais comuns os resultados que suportam a tese de que os aparelhos funcionais provocam um acréscimo do crescimento mandibular clinicamente significativo.

É também reportado por vários autores que quando o tratamento é efectuado durante o surto de crescimento apanhando o pico de crescimento da puberdade os resultados são melhores e mais estáveis a longo prazo.

Apesar disso, não deverá ser ignorado o “efeito *rebound*” do crescimento após o tratamento, podendo ser identificada a uma redução dos incrementos esperados após ter já sido “gasto” o potencial de crescimento.

## 6. Conclusão

Após o estudo elaborado e agora apresentado na presente dissertação, resta apenas tecer algumas considerações.

Não é ainda consensual que a Classe II se deva maioritariamente a retrusão mandibular. Ora, dependendo das referências tidas em conta, diferentes foram as conclusões dos vários estudos que se tiveram em consideração. No entanto, a maioria dos autores tem vindo a observar a retrusão como um importante factor.

Segundo Moss, estímulos ambientais (epigenéticos) não serão independentes do potencial genético intrínseco. Apesar de os estímulos externos se parecerem sobrepor aos estímulos intrínsecos será de esperar uma resposta diferente em diferentes indivíduos (genética). Avaliação do estadio de desenvolvimento por radiografias de mão e punho ou maturação das vertebra cervicais para estabelecimento da proximidade ao pico de crescimento parecem ser um bom indicador para maximizar os efeitos.

A literatura não tem apresentado um sistema uniformizado para a avaliação do crescimento induzido pelos aparelhos. Além do crescimento sagital, também a posição relativa do mento no perfil facial deveria ser analisada. Rotação posterior da mandíbula associada a alongamento poderá não resultar em alterações clinicamente significativas.

O estabelecimento do estadio de desenvolvimento foi descorado em vários estudos e poucos são os estudos que avaliaram a permanência das alterações a longo prazo.

Tendo em conta estas limitações, foram mais os estudos a suportar a tese de que os aparelhos funcionais potenciam o crescimento mandibular, especialmente quando considerado o pico de crescimento. Não deverá no entanto ser ignorado o “efeito *rebound*”, que representa uma diminuição dos incrementos sagitais após o tratamento. A estabilidade a longo prazo ficou associada a um tratamento durante o pico de crescimento seguido de um período de aparelho fixo para acerto da oclusão.

As classes II foram corrigidas na grande maioria dos casos, por vezes quase exclusivamente à custa de efeitos dento-alveolares.

Investigações uniformizadas, com avaliação do estadio de desenvolvimento e padrão de crescimento – vertical ou horizontal – assim como estabelecimento de *follow-up* a longo prazo para aferir manutenção dos resultados após o fim do crescimento parece ser necessário, se não mesmo essencial, para responder cabalmente a esta questão.





## Bibliografia

1. Almeida, M. R. de, Henriques, J. F. C., Almeida, R. R. de, & Ursi, W. (2002). Treatment effects produced by Fränkel appliance in patients with class II, division 1 malocclusion. *The Angle orthodontist*, 72(5), 418–25.
2. Almeida, M. R. de, Henriques, J. F. C., & Ursi, W. (2002). Comparative study of the Fränkel (FR-2) and bionator appliances in the treatment of Class II malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 121(5), 458–66.
3. Antczak, a a, Tang, J., & Chalmers, T. C. (1986). Quality assessment of randomized control trials in dental research. II. Results: periodontal research. *Journal of periodontal research*, 21(4), 315–21.
4. Arya, S., Savara, S., & Thomas, R. (1973). Prediction of first molar occlusion. *American journal of orthodontics*, 63(6), 610–21.
5. Baccetti, T, Franchi, L., McNamara, J. a, & Tollaro, I. (1997). Early dentofacial features of Class II malocclusion: a longitudinal study from the deciduous through the mixed dentition. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 111(5), 502–9.
6. Baccetti, Tiziano, Franchi, L., & Toth, R. (2000). Treatment timing for Twin-block therapy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 118(2), 159–70.
7. Baccetti, Tiziano, & McNamara, J. a. (2010). The impact of functional jaw orthopedics in subjects with unfavorable Class II skeletal patterns. *Progress in orthodontics*, 11(2), 118–26.
8. Baltromejus, S., Ruf, S., & Pancherz, H. (2002). Effective temporomandibular joint growth and chin position changes: Activator versus Herbst treatment. A cephalometric roentgenographic study. *European journal of orthodontics*, 24(6), 627–37.

9. Basciftci, F. A., Uysal, T., Büyükerkmen, A., & Sari, Z. (2003). The effects of activator treatment on the craniofacial structures of Class II division 1 patients. *European journal of orthodontics*, 25(1), 87–93.
10. Bastos, G. K., & Mucha, J. N. (2002). Aparelhos Funcionais : Uma Revisão Functional Appliances – A Review. *Rev. Bras. Odontol.*, 59(3), 184–88.
11. Bishara, S. E., Hoppens, B. J., Jakobsen, J. R., & Kohout, F. J. (1988). Changes in the molar relationship between the deciduous and permanent dentitions: a longitudinal study. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* , 93(1), 19–28.
12. Björk, A. (1969). Prediction of mandibular growth rotation. *American journal of orthodontics*, 55(6), 585–99.
13. Buschang, P. H., Tanguay, R., Demirjian, a, LaPalme, L., & Turkewicz, J. (1988). Mathematical models of longitudinal mandibular growth for children with normal and untreated Class II, division 1 malocclusion. *European journal of orthodontics*, 10(3), 227–34.
14. Buschang, P. H., Tanguay, R., Turkewicz, J., Demirjian, A., & La Palme, L. (1986). A polynomial approach to craniofacial growth: description and comparison of adolescent males with normal occlusion and those with untreated Class II malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 90(5), 437–42.
15. Carels, C., & Van der Linden, F. (1987). Concepts on functional appliance's mode of action. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 92(2), 162–8.
16. Chadwick, S. M., Aird, J. C., Taylor, P. J., & Bearn, D. R. (2001). Functional regulator treatment of Class II division 1 malocclusions. *European journal of orthodontics*, 23(5), 495–505.
17. Charlier, J.-P., Petrovic, A., & Herrmann-Stutzmann, J. (1969). Effects of mandibular hyperpropulsion on the prechondroblastic zone of young rat condyle. *American Journal of Orthodontics*, 55(1), 71–4.



18. Chen, J. Y., Will, L. a, & Niederman, R. (2002). Analysis of efficacy of functional appliances on mandibular growth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(5), 470–6.
19. Clark, W. J. (1988). The twin block technique. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 93(1), 1–18.
20. Collett, a R. (2000). Current concepts on functional appliances and mandibular growth stimulation. *Australian dental journal*, 45(3), 173–8.
21. Cozza, P., Baccetti, T., Franchi, L., De Toffol, L., & McNamara, J. a. (2006). Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 129(5), 599.e1–12; discussion e1–6.
22. Cozza, P., De Toffol, L., & Colagrossi, S. (2004). Dentoskeletal effects and facial profile changes during activator therapy. *European journal of orthodontics*, 26(3), 293–302.
23. Creekmore, T. D., & Radney, L. J. (1983). Fränkel appliance therapy: Orthopedic or orthodontic? *American Journal of Orthodontics*, 83(2), 89–108.
24. Croft, R. S., Buschang, P. H., English, J. D., & Meyer, R. (1999). A cephalometric and tomographic evaluation of Herbst treatment in the mixed dentition. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 116(4), 435–43.
25. Faltin, K. J., Faltin, R. M., Baccetti, T., Franchi, L., Ghiozzi, B., & McNamara, J. a. (2003). Long-term effectiveness and treatment timing for Bionator therapy. *The Angle orthodontist*, 73(3), 221–30.
26. Franchi, L., Baccetti, T., & Mcnamara, J. A. (1999). Treatment and posttreatment effects of acrylic splint Herbst. *European journal of orthodontics*, 115(4), 429–438.
27. Franchi, L., Pavoni, C., Faltin, K., McNamara, J. a, & Cozza, P. (2013). Long-term skeletal and dental effects and treatment timing for functional appliances in Class II malocclusion. *The Angle orthodontist*, 83(2), 334–340.

28. Fränkel, R. (1969). The treatment of Class II , Division 1 malocclusion with functional correctors. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 55(3), 265–75.
29. Freeman, D. C., McNamara, J. a, Baccetti, T., Franchi, L., & Fränkel, C. (2009). Long-term treatment effects of the FR-2 appliance of Fränkel. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* :, 135(5), 570.e1–6; discussion 570–1. doi:10.1016/j.ajodo.2007.11.029
30. Gianelly, A. A., Brosnan, P., Martignoni, M., & Bernstein, L. (1983). Mandibular growth, condylar position and Fränkel appliance therapy. *The Angle orthodontist*, 53(2), 131–42.
31. Graber, L. W., Vanarsdall, R. L., & Vig, K. W. L. (2011). *Orthodontics - Current Principles and Techniques* (5th ed.). Philadelphia: MOSBY Elsevier.
32. Harris, J. E. (1962). A cephalometric analysis of mandibular growth rate. *American journal of orthodontics*, 48(3), 161–74.
33. Harvold, E. P., & Vargervik, K. (1971). Morphogenetic response to activator treatment. *American journal of orthodontics*, 60(5), 478–90.
34. Illing, H. M., Morris, D. O., & Lee, R. T. (1998). A prospective evaluation of Bass, Bionator and Twin Block appliances. Part I--The hard tissues. *European journal of orthodontics*, 20(5), 501–16.
35. Jadad, a R., Moore, R. a, Carroll, D., Jenkinson, C., Reynolds, D. J., Gavaghan, D. J., & McQuay, H. J. (1996). Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Controlled clinical trials*, 17(1), 1–12.
36. Jakobsson, S. O. (1967). Cephalometric evaluation of treatment effect on Class II, Division 1 malocclusions. *American Journal of Orthodontics*, 53(6), 446–57.
37. Jakobsson, S. O., & Paulin, G. (1990). The influence of activator treatment on skeletal growth in Angle Class II: 1 cases. A roentgenocephalometric study. *European journal of orthodontics*, 12(2), 174–84.
38. Janson, G. R. P., Luis, J., Toruño, A., Martins, D. R., Fernando, J., Henriques, C., & Freitas, M. R. De. (2003). Class II treatment effects of the Fränkel appliance. *European journal of orthodontics*, 25(3), 301–9.

39. Keeling, S. D., Wheeler, T. T., King, G. J., Garvan, C. W., Cohen, D. a, Cabassa, S., McGorray, S. P., et al. (1998). Anteroposterior skeletal and dental changes after early Class II treatment with bionators and headgear. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 113(1), 40–50.
40. Marsico, E., Gatto, E., Burrascano, M., Matarese, G., & Cordasco, G. (2011). Effectiveness of orthodontic treatment with functional appliances on mandibular growth in the short term. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(1), 24–36.
41. McNamara, J. A., & Bryan, F. A. (1987). Long-term mandibular adaptations to protrusive function: an experimental study in *Macaca mulatta*. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 92(2), 98–108.
42. McNamara, J., Bookstein, F., & Shaughnessy, T. (1985). Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on class II patients. *American journal of orthodontics*, 88(2), 91–110.
43. McNamara, J., Howe, R. P., & Dischinger, T. G. (1990). A comparison of the Herbst and Fränkel appliances in the treatment of Class II malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(2), 134–44.
44. McNamara, James A. (1981). Components of Class II Malocclusion in Children 8-10 Years of Age. *The Angle orthodontist*, 51(3), 177–202.
45. Mills, C. M., & McCulloch, K. J. (2000). Posttreatment changes after successful correction of Class II malocclusions with the twin block appliance. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 118(1), 24–33.
46. Moss, M. L. (1997a). The functional matrix hypothesis revisited. 2. The role of an osseous connected cellular network. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 112(2), 221–6.
47. Moss, M. L. (1997b). The functional matrix hypothesis revisited. 4. The epigenetic antithesis and the resolving synthesis. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* :, 112(4), 410–7.
48. Moss, M. L. (1997c). The functional matrix hypothesis revisited. 3. The genomic thesis. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* , 112(3), 338–42.

49. Moss, M. L. (1997d). The functional matrix hypothesis revisited. 1. The role of mechanotransduction. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 112(1), 8–11.
50. Moss, M. L., & Salentijn, L. (1969). The primary role of functional matrices in facial growth. *American journal of orthodontics*, 55(6), 566–77.
51. Nanda, R. S. (1955). The rates of growth of several facial components measured from serial cephalometric roentgenograms. *American journal of orthodontics*, 41, 658–73.
52. Nelson, C., Harkness, M., & Herbison, P. (1993). Mandibular changes during functional appliance treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 104(2), 153–61.
53. O'Brien, K., Wright, J., Conboy, F., Chadwick, S., Connolly, I., Harradine, N., Lewis, D., et al. (2003). Effectiveness of early orthodontic treatment with the Twin-block appliance: A multicenter, randomized, controlled trial. Part 2: Psychosocial effects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(5), 488–94.
54. O'Brien, K., Wright, J., Conboy, F., Sanjie, Y., Mandall, N., Chadwick, S., Connolly, I., et al. (2003). Effectiveness of early orthodontic treatment with the twin-block appliance: A multicenter, randomized, controlled trial. Part 1: Dental and skeletal effects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(3), 234–43.
55. Pancherz, H, Ruf, S., & Kohlhas, P. (1998). “Effective condylar growth” and chin position changes in Herbst treatment: a cephalometric roentgenographic long-term study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 114(4), 437–46.
56. Pancherz, Hans. (1982). The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. A Cephalometric investigation. *American Journal of Orthodontics*, 82(2), 104–13.
57. Pancherz, Hans, Zieber, K., & Hoyer, B. (1997). Cephalometric characteristics of Class II division 1 and Class II division 2 malocclusions: A comparative study in children. *The Angle orthodontist*, 67(2), 111–20.

58. Perillo, L., Castaldo, M. I., Cannavale, R., Longobardi, A., Grassia, V., Rullo, R., & Chiodini, P. (2011). Evaluation of long-term effects in patients treated with Fränkel-2 appliance. *European journal of paediatric dentistry*, 12(4), 261–6.
59. Perillo, L., Johnston, L. E., & Ferro, A. (1996). Permanence of skeletal changes after function regulator (FR-2) treatment of patients with retrusive Class II malocclusions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 109(2), 132–9.
60. Petré, S., Bondemark, L., & Söderfeldt, B. (2003). A systematic review concerning early orthodontic treatment of unilateral posterior crossbite. *The Angle orthodontist*, 73(5), 588–96.
61. Proffit, W. R., Fields Jr, H. W., & Sarver, D. M. (2007). *Contemporary Orthodontics* (4th ed.). Missouri: Mosby Elsevier.
62. Robertson, N. R. E. (1983). An examination of treatment changes in children treated with the function regulator of Fränkel. *American journal of orthodontics*, 83(4), 299–310.
63. Rosenblum, R. (1995). Class II malocclusion: mandibular retrusion or maxillary protrusion? *The Angle orthodontist*, 65(1), 49–62.
64. Rothstein, T., & Yoon-tarlie, C. (2000). Dental and facial skeletal characteristics and growth of males and females with Class II , Division 1 malocclusion between the ages of 10 and 14 (revisited) - Part I: Characteristics of size, form , and position. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 117(3), 320–32.
65. Ruf, S., Baltromejus, S., & Pancherz, H. (2001). Effective condylar growth and chin position changes in activator treatment: a cephalometric roentgenographic study. *The Angle orthodontist*, 71(1), 4–11.
66. Schmuth, G. P. F. (1983). Milestones in the development and practical application of functional appliances. *American Journal of Orthodontics*, 84(1), 48–53.
67. Scott, J. H. (1958). The analysis of facial growth I. The anteroposterior and vertical dimensions. *American journal of orthodontics*, 44(7), 507–12.

68. Sicher, H. (1947). The growth of the mandible. *American journal of orthodontics and Oral surgery*, 33(1), 30–35.
69. Silver, E. T. (1944). Forsyth orthodontic survey of untreated cases. *American journal of orthodontics and Oral surgery*, 30(12), 635–59.
70. Silvestrini-Biavati, A., Alberti, G., Silvestrinibiavati, F., Signori, A., Castaldo, A., & Migliorati, M. (2012). Early functional treatment in Class II division 1 subjects with mandibular retrognathia using Fränkel II appliance. A prospective controlled study. *European journal of paediatric dentistry*, 13(4), 301–6.
71. Thiesen, G., Vinicius, M., Martinelli, E., & Lima, D. (2004). Estudo longitudinal da relação entre o crescimento mandibular e o crescimento estatural em indivíduos com Classe II esquelética. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*, 9(5), 28–40.
72. Toth, L. R., & McNamara, J. a. (1999). Treatment effects produced by the twin-block appliance and the FR-2 appliance of Fränkel compared with an untreated Class II sample. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 116(6), 597–609.
73. Tulloch, J. F., Medland, W., & Tuncay, O. C. (1990). Methods used to evaluate growth modification in Class II malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(4), 340–7.
74. Tulloch, J. F., Phillips, C., Koch, G., & Proffit, W. R. (1997). The effect of early intervention on skeletal pattern in Class II malocclusion: a randomized clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 111(4), 391–400.
75. Tümer, N., & Gültan, S. (1999). Comparison of the effects of monobloc and twin-block appliances on the skeletal and dentoal structures. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 116(4), 460–8.
76. Vargervik, K., & Harvold, E. P. (1985). Response to activator treatment in Class II malocclusions. *American journal of orthodontics*, 88(3), 242–51.
77. Varrela, J. (1998). Early developmental traits in class II malocclusion. *Acta odontologica Scandinavica*, 56(6), 375–7.

78. Wahl, N. (2006). Orthodontics in 3 millennia. Chapter 9: functional appliances to midcentury. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 129(6), 829–33.
79. Wheeler, T. T., McGorray, S. P., Dolce, C., Taylor, M. G., & King, G. J. (2002). Effectiveness of early treatment of Class II malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 121(1), 9–17.
80. Windmiller, E. C. (1993). The acrylic-splint Herbst appliance: a cephalometric evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 104(1), 73–84.
81. Woodside, D. G., Altuna, G., Hanrold, E., Herbert, M., & Mstaxas, A. (1983). Primate experiments in malocclusion and bone induction. *American Journal of Orthodontics*, 83(6), 460–8.





# ANEXOS



## ANEXOS

Imagens exemplificativas dos aparelhos funcionais em estudo:

**Imagem 1**



**Activador** – Retirado de <http://www.northstardental.com/lab-services/functional-therapy/activator-51.html>, em 26.06.13

**Imagem 2**



**Bionator**- Retirado de <http://www.ortodonziaBelluno.it/lavorazioni-2/ortodonzia-mobile-2/>, em 26.06.13

**Imagem 3**



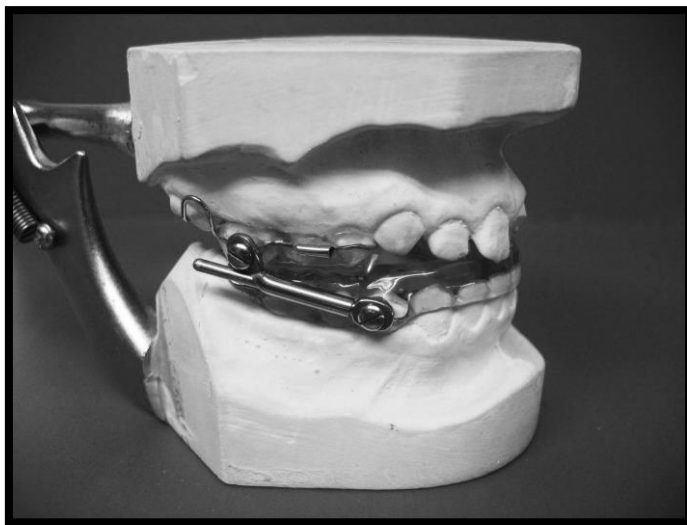
**Aparelho de Fränkel II** – Retirado de <http://www.northstardental.com/lab-services/functional-therapy/frankel-62.html> 250613, em 26.06.13

**Imagem 4**



**Twin Block**- Retirado de <http://www.northstardental.com/lab-services/functional-therapy/twin-block-92.html>, em 26.06.13

**Imagem 5**



**Aparelho de Herbst Removível** – <http://www.classoneortho.ca/remove.html>, em 26.06.13